

図2 膝蓋大腿関節の剥離  
エレバトリウムを挿入し膝蓋大腿関節および内外側の谷部を剥離する。この操作は盲目的であるため愛護的に行う必要がある。

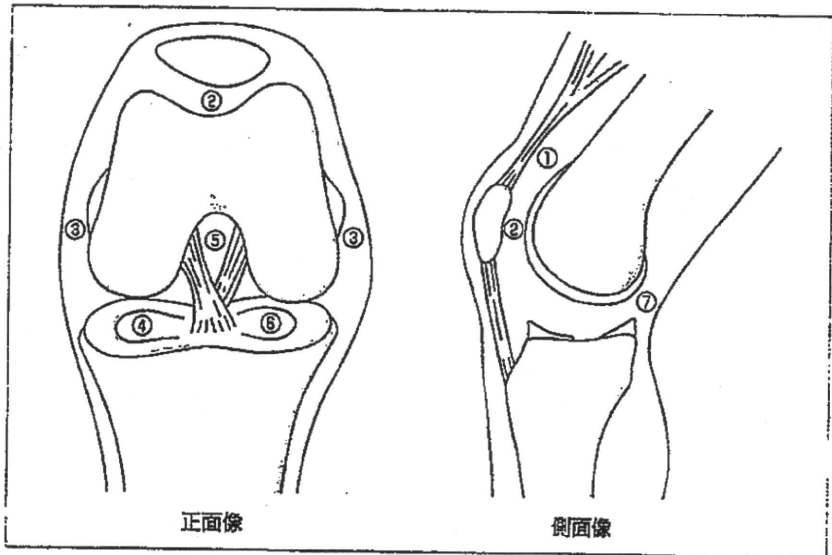


図3 関節鏡による関節内の鏡視部位とその順番

- ①: 膝蓋上囊, ②: 膝蓋大腿関節,
- ③: 大腿骨内・外側谷部,
- ④: 内側大腿脛骨関節, ⑤: 顆間窩,
- ⑥: 外側大腿脛骨関節, ⑦: 関節後方部

すべての操作が終了後 X 線にて徒手矯正による大腿骨顆部の圧迫骨折や小児例では骨端線損傷などが生じていないことを確認する<sup>3)</sup>。

#### ▶ 後療法

手術当日は膝装具にて患肢の安静を保ち、積極的

にクーリングを行う。術翌日にドレーンを抜去し continuous passive motion (CPM) による可動域訓練を開始する。屈曲角の目標は小児例を除いて術中に得られた最大屈曲角度を目安とする。

持続硬膜外麻酔は、術後 1 週間程度継続できることが望ましい。

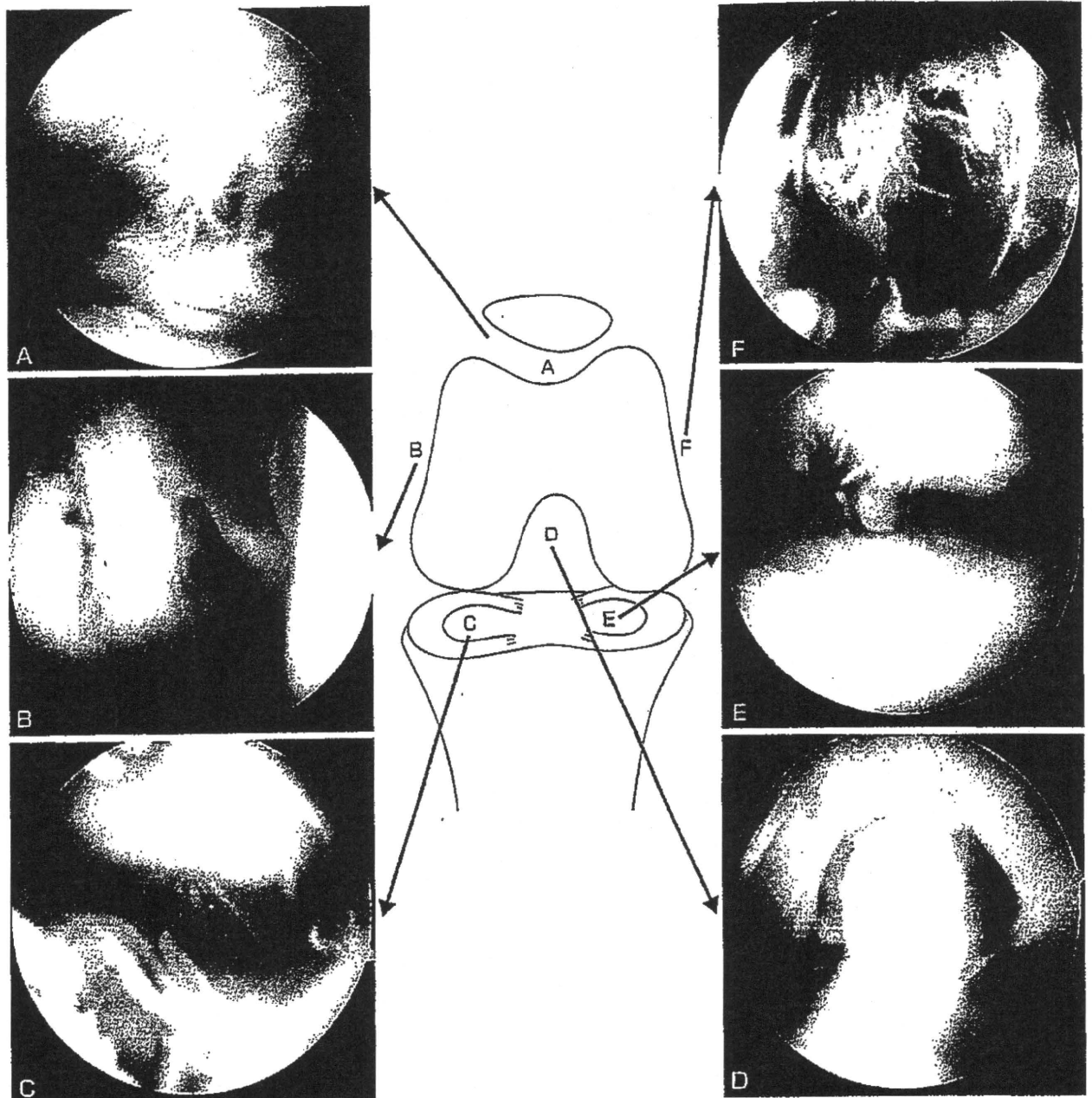


図4 実際の鏡視像  
 A: 膝蓋大腿関節, B: 内側谷部, C: 内側コンパートメント, D: 顆間部, E: 外側コンパートメント, F: 外側谷部

また、患肢挙上を含めた大腿四頭筋訓練も早期より積極的に指導する。荷重は、患部の疼痛や腫脹の程度をみながら術後2~3日目より部分荷重を開始し、2週間程度で全荷重を目指す。

#### ▶合併症

本術式に伴う合併症としては、術中に発生するものとして癒着剥離時の神経・血管損傷や軟骨・靭帯損傷、徒手矯正に伴う軟骨損傷、骨折(大腿骨顆部、

骨端線損傷)、膝蓋腱・大腿四頭筋腱断裂があげられる。また、術後に発生するものとしては、関節内出血による再癒着、感染例での感染再燃、二次的腱損傷、RSD、骨化性筋炎、関節不安定性、疼痛、変形症性変化の進行などが危惧される。

いずれの合併症も一度発生すれば授動術の効果がなくなるどころか術前より悪化する危険性もあるため、慎重な手術操作と術後管理に加えて合併症に関する術前の十分な説明が重要である。

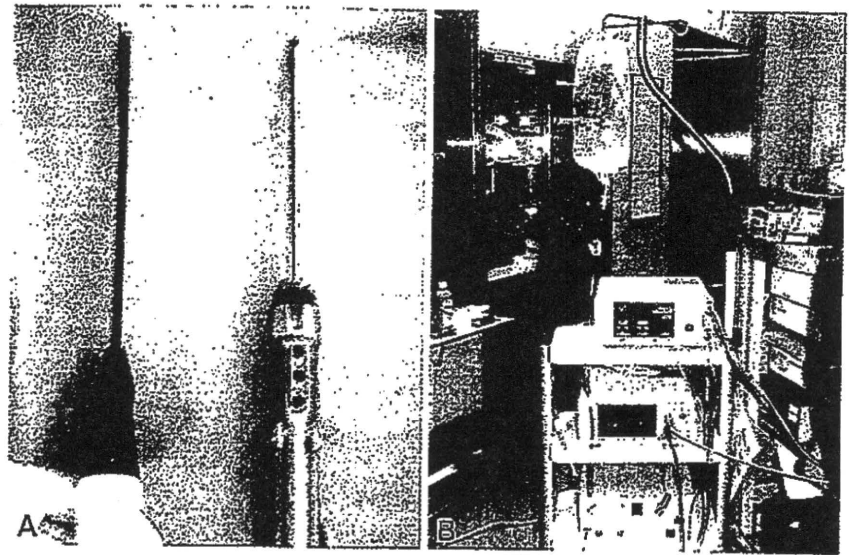


図5 関節鏡視下操作に有用な器具  
A: 鏡視下用電気メスとシェーバー  
B: 関節鏡用灌流液と加圧灌流システム

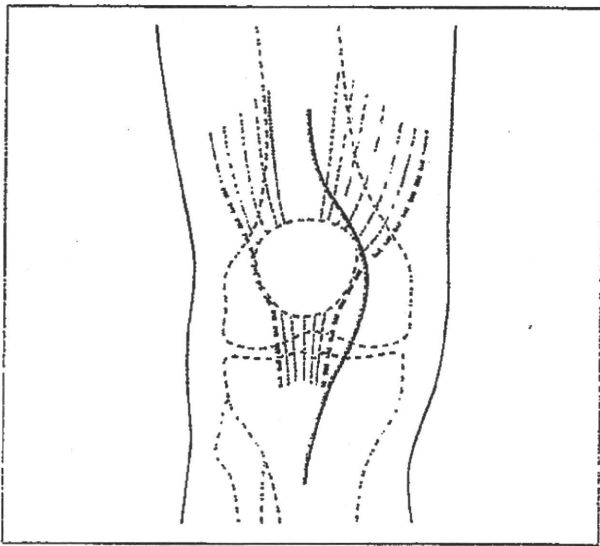


図6 関節切開による授動術の皮切

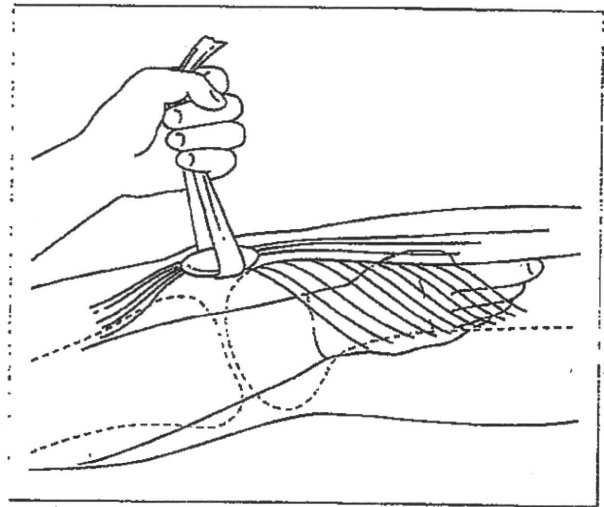


図7 大腿四頭筋の用手的剥離

### 3 関節切開による膝関節授動術との併用<sup>4)</sup>

大腿骨顆上骨折後に生じた膝関節拘縮では、拘縮の原因が膝関節内と関節外の両方に存在するため既述した関節鏡視下操作の後、関節切開による授動術を行う。

#### ▶皮切

基本的な皮切は膝蓋骨より約5cm近位から膝蓋骨内縁に沿って脛骨粗面まで延長する。ただし、以前の手術創がある場合には可能であればそれを利用

する(図6)。

#### ▶膝関節内剥離

膝蓋骨と大腿四頭筋を展開し、伸筋支帯を近位部では内側広筋および外側広筋の遠位縁に沿って切離し、これを近位後方へ筋間中隔との間で大腿骨まで剥離する。遠位へは膝蓋腱の内・外側縁に沿い脛骨粗面まで切開する。この後、大腿骨内・外側谷部や後顆から後方関節包など関節鏡では十分な操作ができない部分の剥離を行う。

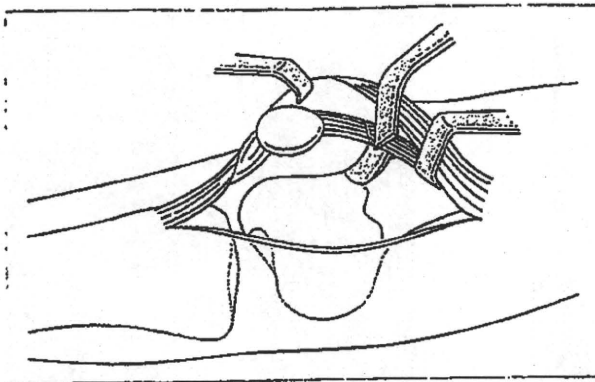


図8 中間広筋の切離

### ▶大腿四頭筋の剥離と中間広筋の切離

剥離した膝蓋上囊から手を入れ、四頭筋と大腿骨との間を近位へ向かって用手的に剥離する。骨折部などは癒痕組織で強く癒着しているため、他動的屈曲強制を随時試みて抵抗の強い部分を確認し、そこをエレバトリウムや鏡視下用電気メスを用いて剥離する。

以上の操作で十分な屈曲が得られず膝蓋骨近位部に挿入した指で感ずる四頭筋の抵抗が強い例では、中間広筋の切離を追加する。中間広筋と直筋の間の

層を確認した後、膝蓋骨から約5cm近位部もしくはその近傍で癒痕組織や線維化の強い部分で中間広筋を横切る。この際、随時膝屈曲を試みながら切離を進めるようにする(図7, 8)。

### ▶後療法

関節切開による授動術を行った場合には、帰室後ただちにCPMによる可動域訓練を開始する。部分荷重は患肢挙上が可能となってから開始する。硬膜外チューブは術後3週くらいまで留置できることが望ましい。

### 【文献】

- 1) 大森 豪：鏡視下関節授動術。整形外科 57：1085-1090, 2006.
- 2) Cosgarea AJ, DeHaven KE, Lovelock JE: The surgical treatment of arthrofibrosis of the knee. Am J Sports Med 22: 184-191, 1994.
- 3) 須田康文, 松本秀男, 大谷俊郎: 膝関節拘縮に対する鏡視下授動術。MB Orthop 15: 23-28, 2002.
- 4) 古賀良生, 大森 豪, 瀬川博之: 膝関節拘縮の病態と関節授動術。MB Orthop 15: 15-20, 2002.



知って得する“気になる技術”

平成23年2月19日(土)

(再放送 2月21日(月))

— 第2回 —

## 整形外科医療を支える工学技術

## I. 関節とは？

私たちの身体には約 200 の骨があり、さらに「骨と骨の継ぎ目」として関節があります。私たちが立ったり座ったり、歩いたり走ったり、物を持ったり置いたりすることができるのはこの関節のおかげです。

例えば、「ひざ（膝）」は、太ももの骨（大腿骨）とすねの骨（脛骨）の継ぎ目として立ち座りや歩行動作の重要な役割を果たしています。ひざの機能を大別すると2つあります。1つ目は曲げ伸ばしで、角度にすると伸展0度から屈曲150度くらいになります。2つ目の機能は体重を支えることで、歩いている時は体重の約2倍、走っている時や階段の昇り降りでは3～4倍近い重さを支えています。また、ひざの中にはクッションの役目を果たす半月板や軟骨、さらにひざの周りには力を伝える筋肉や腱、関節を安定化させる靭帯があります。



図 1

### ひざ関節の機能と構造

#### ひざはどんな動きをしているの？

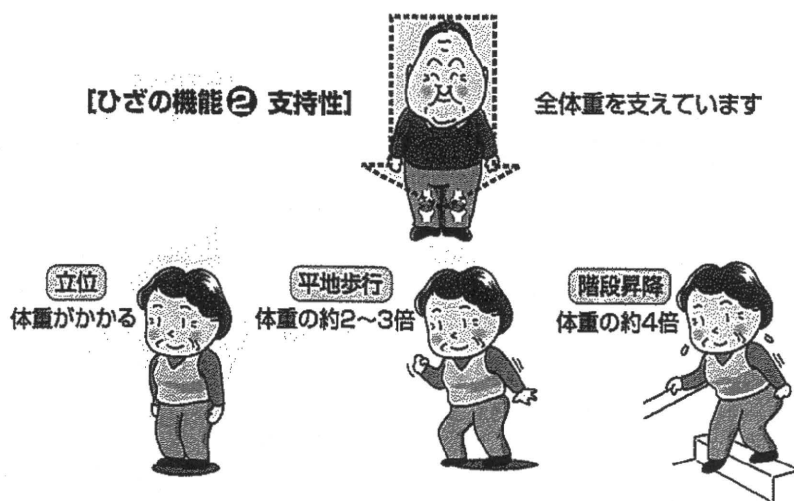


図 2

## ひざ関節の機能と構造

ひざの構造はどうなっているの？

(骨・軟骨・半月板)

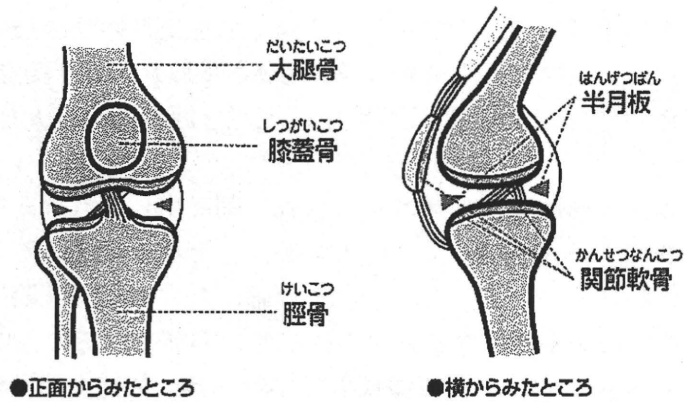


図 3

## 変形性ひざ関節症とは？

ひざの軟骨がすり減り、関節の変形が生じて  
炎症を起こし、痛みが起こる病気です

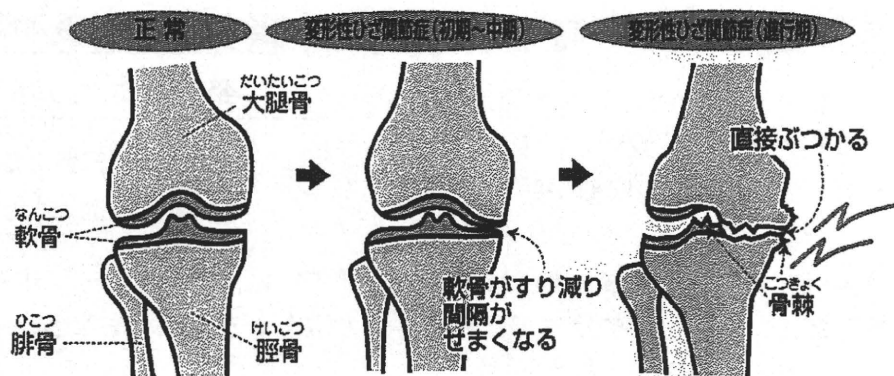


図 4

## II. 齢をとるとひざはどうなる？：変形性膝関節症

私たちの身体は、年齢とともにその機能が低下していきます。加齢とともにひざにおこる変化は軟骨の磨耗や変性、骨の変形などで、これらは結果的にひざの痛みや腫れ、曲げ伸ばしの制限といった症状として現れ、私たちの日常生活（ADL）や生活の質（QOL）に影響を与えるようになります。これが変形性膝関節症という病気です。ですから、変形性膝関節症は誰にでもおこる「ひざの老化」の延長上にある病気と考える事ができます。

変形性膝関節症の診断は、ひざのレントゲン検査によって判断されるので、私たちの周りにはひざに痛みや腫れなどの症状が全く無くても変形性膝関節症と診断される人たちがたくさんいます。我々が行った住民検診（松代ひざ検診）では、変形性膝関節症は40歳以降年齢とともに増え、現在の日本には変形性膝関節症と診断される人たちが約1700万人いると推定されます。

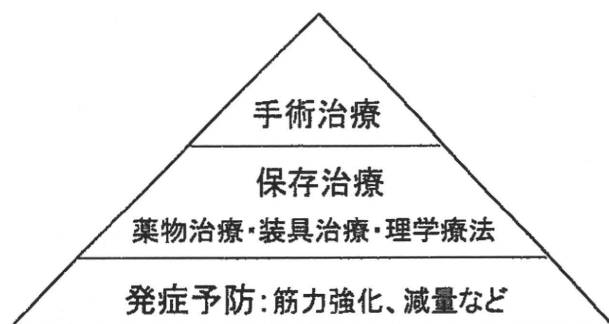
このように変形性膝関節症はある意味「国民病」とも言える病気ですが、他の病気と同じようになりやすい人となりにくい人があり、それに影響する条件は危険因子（リスクファクター）と言われています。それらは、年齢、女性、肥満、膝内反変形（凹脚）、ひざの怪我などで、複数の因子が重なるとさらに病気の発症や進行の程度が高まると言われています。変形性膝関節症の発症は、40歳代以降年齢と共に加速度的に増加すると言いましたが、病気の進行も加速度的と言うわけではありません。私たちの行った松代ひざ検診では、変形性膝関節症の進行は比較的穏やかであり、この事は変形性膝関節症の治療に対する考え方の基本となっています。

## III. ひざの痛みはどうやって治すの？—変形性膝関節症の治療

変形性膝関節症の特徴的な症状は、動作時のひざ痛、曲げ伸ばしの制限（可動域制限）、関節の腫れの3つで、これらの症状は病気の進行に伴い徐々に強くなります。したがって、変形性膝関節症の治療は患者さん自身が症状によりどの位苦しんでいるかによって内容が選択されます。

変形性膝関節症の治療は、まず発症予防としての筋力強化や減量に続いて、軽度から中等度の場合には、内服薬や貼り薬、関節内の注射、リハビリテーションや装具な

ど各種の保存的治療を単独もしくは組み合わせて行います。しかし、中等度から高度の変形性膝関節症になると保存的治療では患者さんの満足するような結果が得られにくくなり、場合によっては手術治療が選択されます。



変形性膝関節症の治療ピラミッド

図 5

## IV. 変形性膝関節症の手術治療—人工膝関節

人工膝関節とは変形性膝関節症の手術治療のひとつで、高度に変形した関節を金属やプラスチックなどの人工的な部品を用いて置き換えることにより、痛みを無くしさらに可動性や

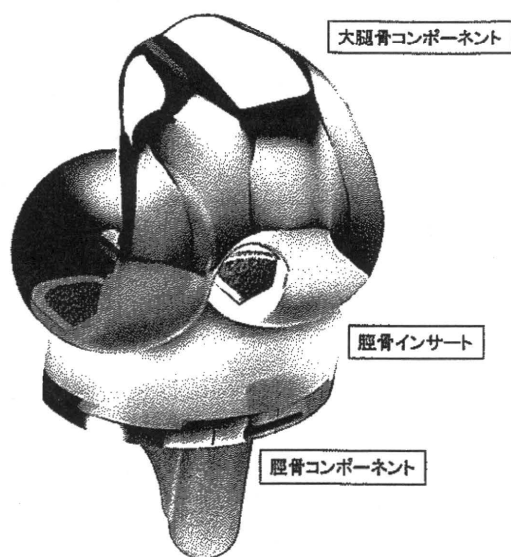
支持性といった関節の機能を獲得しようとする手術です。人工膝関節は人工股関節とともに現在世界中で最も多く行われている人工関節手術です。

現在、主に使用されている人工膝関節は表面置換型と言われており、大腿骨と脛骨用の金属部品（大腿骨コンポーネント、脛骨コンポーネント）、その間のクッションとなる脛骨インサート、さらに膝蓋骨コンポーネントから成り立っています。

人工膝関節の手術を受ける人は、ひざの変形が高度で保存的な治療では十分な効果が得られない人が対象となります。手術を受ける人の年齢は60歳代後半から70歳代が最も多いですが、近年80歳代も増加しています。手術時間は平均1時間半程度で手術後は、翌日からひざの曲げ伸ばしや起立歩行訓練が開始され、3週間程度の入院後大半の患者さんが杖を使って歩いて退院します。

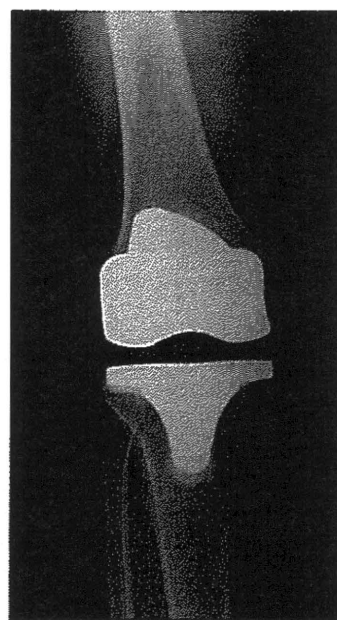
人工膝関節置換術は、近年安定した治療成績が得られるようになりました。そして、ひざの高度の変形による痛みのために立って歩くことさえできなかった人が、人工膝関節置換術により再びしっかりと足取りで歩けるようになるなどこの治療によりADLが改善しQOLが向上した人はたくさんいます。

しかし、人工膝関節置換術には将来に向けた課題も残されています。大きな課題は、長期にわたる耐久性の向上と大きな屈曲角度の獲得です。例えば人工膝関節の耐久性が30年、40年と向上すれば、1度の手術で一生安心して過ごす事が可能となり、さらに、ジョギングやゴルフ、テニスなどの運動も思う存分楽しめるようになるかもしれません。また、膝の曲がりに関しても現在の人工膝関節では正座習慣のある日本人にとって十分とはいえません。ですから、もし、人工膝関節置換術により正座が可能となればその利便性も一段と向上します。そして、この2つの課題の解決には人工膝関節の手術技術向上や材質、構造の改良など工学的側面からの協力が重要です。



人工膝関節の基本構造

図 6



人工膝関節置換術後のレントゲン写真

図 7



# 変形性膝関節症とは



まつもと ひでお  
**松本 秀男**

慶應義塾大学医学部整形外科学教室准教授

## 【略歴】

1954年生まれ、78年：慶應義塾大学医学部卒業、同大学医学部研修医、80年：同助手、84年：英国Leeds大学留学、88年：慶應義塾大学医学部整形外科学助手、89年：済生会中央病院、92年：慶應義塾大学医学部整形外科学助手、96年：同専任講師、2002年：同助教授、07年より現職、同大学病院スポーツクリニック部長代行(兼任)  
専門分野：整形外科学、医学博士・工学博士

## 変形性関節症とは

「変形性関節症 (Osteoarthritis ; OA)」は膝関節だけではなく、隣接する股関節や足関節、また肩関節、肘関節などの上肢の関節、さらには顎関節や脊椎の椎体と椎体の間に存在する椎間関節まで、身体のいかなる関節にも生じ得る疾患である。教科書的には「関節構成体、とくに関節軟骨の退行性変化と、これに伴う骨組織や線維組織などの増殖性変化により、関節の変形を生じ、疼痛や運動制限などを起こす疾患」と定義される。要約すれば、関節の老化であり、関節の滑らかな運動をつかさどる軟骨が年齢とともに徐々に変性や磨耗を起こし、それに伴って、骨や線維組織が逆に増殖して、次第に関節全体の変形が進み、疼痛や機能障害を来す疾患である。近年、人口の高齢化や高齢者の日常生活動作、さらにはスポーツ活動などの活発化に伴い、その患者数は著しく増加している。

変形性関節症は、歩行により体重の加わる関節 (荷重関節) である下肢の関節に生じることが多く、また、その治療も多くの問題を抱えている。しかし、他の部位の関節でも原因や病態にさまざまな特徴があり、それに伴う症状もさまざまである。とくに上肢の関節と下肢の関節では、その特徴が大きく異なり、またそれを考慮して治療法を決定する必要がある。

上肢の関節の主な機能は可動性、すなわちよく動くことである。具体的には「手指を自由にさまざまな場所に移動させ、使うこと」であり、その障害に対する治療を考えるにあたっては、「疼痛がなく、よく動く、すなわち十分な可動域を持つ関節」をめざすことが重要である。一方、下肢の関節は可動性ばかりでなく支持性、すなわち「全身の体

重を支えながら、起立、歩行、さらには走ったり、跳んだり、着地したりすること」も重要な役割である。したがって、下肢の変形性関節症の治療を考えるにあたっては、「十分な可動域と安定性の両方の機能を持つ関節」、すなわち「全身の体重を支えながら、身体をさまざまな方向に自由に移動できる機能」をめざす必要がある。この可動性 (よく動くこと) と支持性 (しっかりしていること) はある意味で逆の要素であり、「よく動くが関節がグラグラで立位を保持できない」または「下肢は安定しているが関節が動かない」では意味がない。したがって、下肢の関節、とくに可動性の大きな膝関節では、これらさまざまな要素を考慮しながら診断、治療を行う必要がある。

## 変形性膝関節症

変形性関節症のうち、最も頻度が高く、日常生活で大きな問題となるのが、変形性膝関節症である (写真1)<sup>1,2,3)</sup>。

写真1 変形性膝関節症の肉眼所見・人工関節置換術時の所見

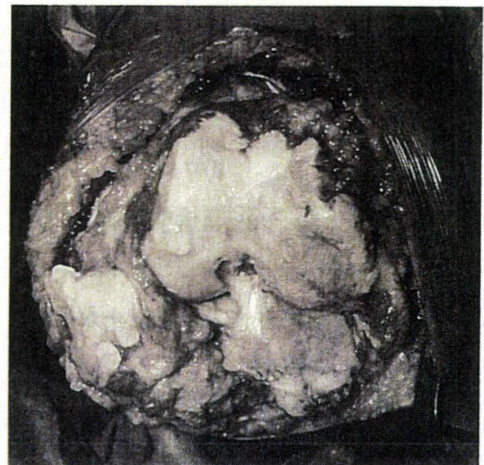
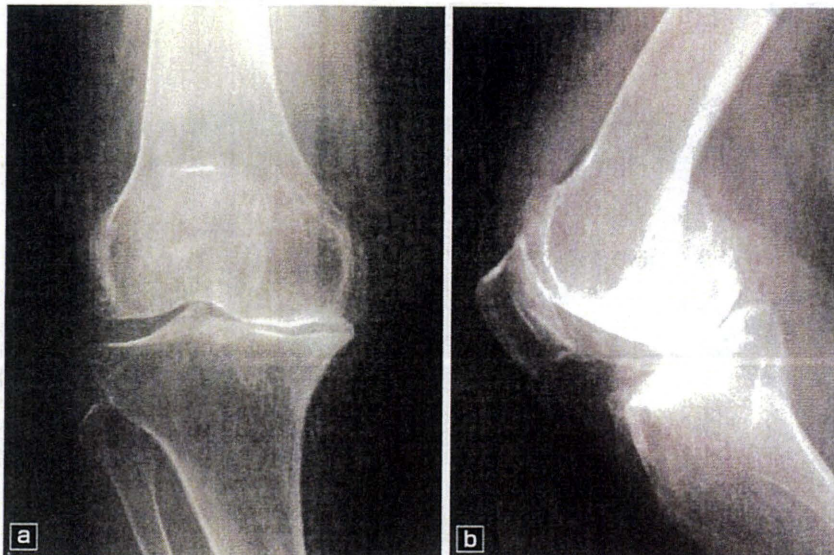




写真2 変形性膝関節症のX線所見



a：正面像、b：側面像。

写真3 変形性膝関節症に伴う可動域制限(伸展制限)

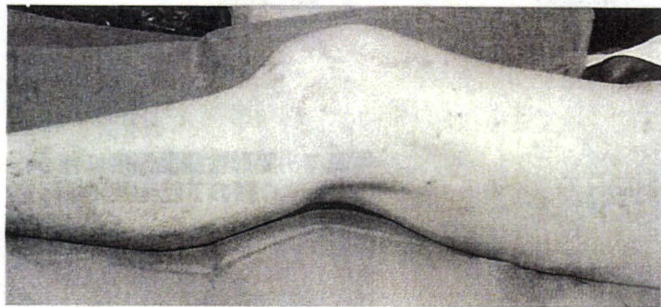
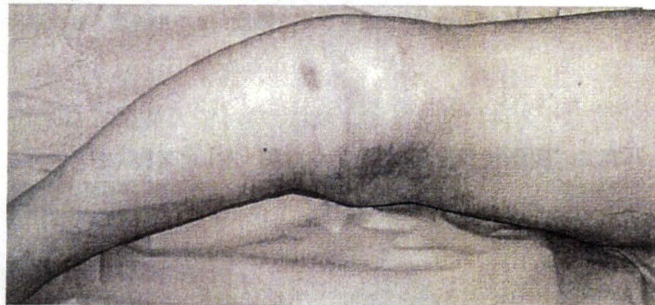


写真4 変形性膝関節症に伴う高度の内反変形



日常、整形外科外来を訪れる患者さんの2～3割に及び、高齢者が「膝が痛い」と言って来院した場合は、ほとんどがこの変形性膝関節症であると言っても過言ではない。外来では、経過に関する問診、臨床症状に加えて、通常、単純X線写真(写真2)でほぼ診断は可能であるが、大切なことは関節リウマチや大腿骨壊死、化膿性関節炎、結晶誘発性関節炎など、治療法の異なる他の疾患をきちんと除外することである。したがって、他の疾患が疑われる可能性がある場合には、CTやMRIによる画像検査、血液検査、関節液の性状や細菌培養検査などを追加する必要がある(詳細は診断の項参照)。

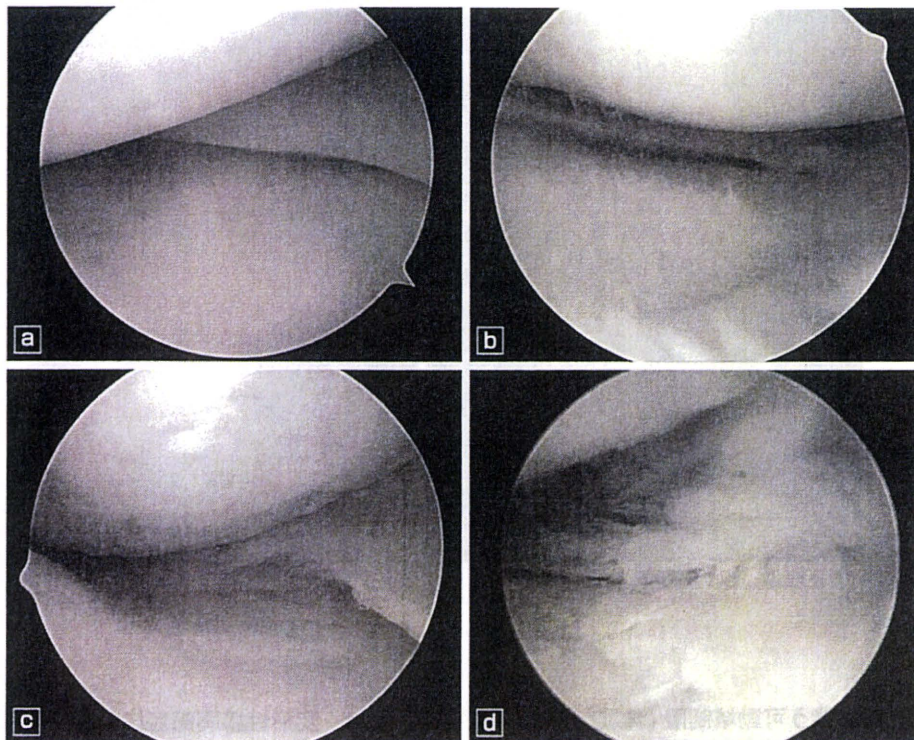
変形性膝関節症は軽症例では日常生活であまり症状はなく、長時間歩いたり、労働やスポーツを行った後にだけ軽度の疼痛を訴える。進行すると徐々に疼痛が増悪し、さらに内反変形や可動域制限が出現する(写真3)。重症例になると疼痛や腫脹、変形のため、歩行そのものが困難になることもある(写真4)。また疼痛や腫脹、運動制限が長

期間続くと、二次的に下肢のさまざまな筋肉、とくに大腿四頭筋を中心とした筋萎縮が起こる。さらに伸展制限が続いた例では筋萎縮が著明となり、階段昇降などに際して体重保持が難しくなり、それだけで日常生活にさまざまな支障を来すようになる。

変形性膝関節症がどのような機序で発生し、進行するかについての詳細はいまだ十分解明されていない。軟骨などの関節を構成する組織が加齢によって徐々にその構造や性質の変化を来し、ここに荷重や関節運動などの力学的負荷が加わって徐々に発生、進行すると考えられている(写真5)。したがって、もともと関節炎や外傷などにより膝関節を構成する組織、すなわち関節軟骨や骨、靭帯、半月板、脂肪組織などの疾患や損傷が存在する場合には、変形性膝関節に移行する可能性が高い。小児期の膝関節炎や化膿性膝関節炎、関節内や関節周囲の腫瘍などの何らかの疾患の既往がある場合、半月板損傷や靭帯損傷などの外傷、膝蓋骨不安定症などの既往がある場合、さらに



写真5 変形性膝関節症の進行(関節鏡所見)



a: 正常、b: 軽度、c: 中等度、d: 高度。

写真6 変形性膝関節症に伴うO脚(左)とX脚(右)

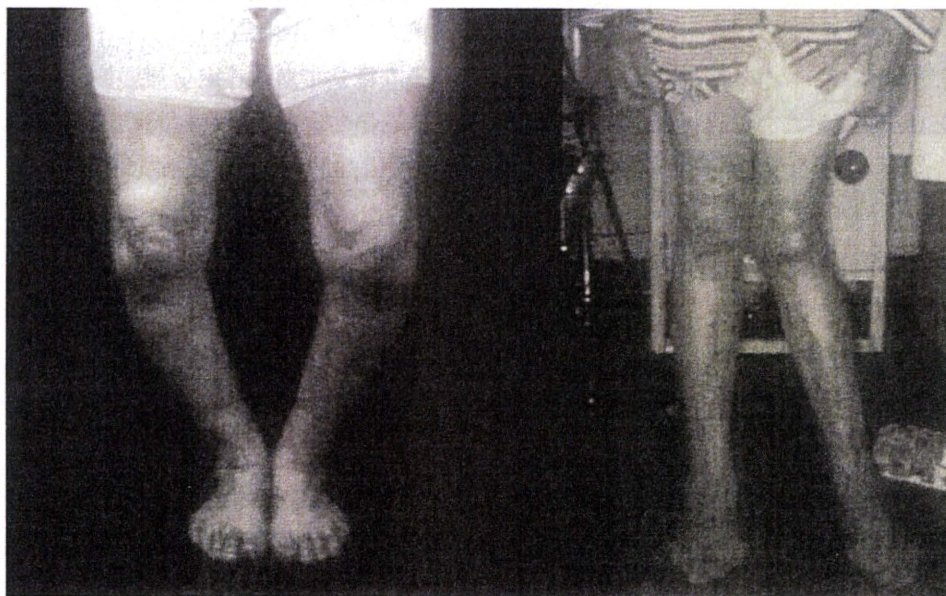
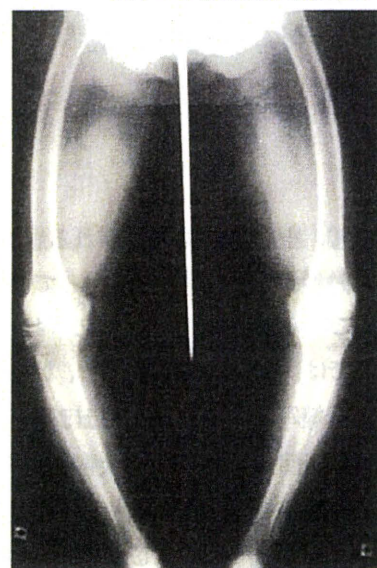


写真7 変形性膝関節症に伴うO脚の下肢全長X線所見



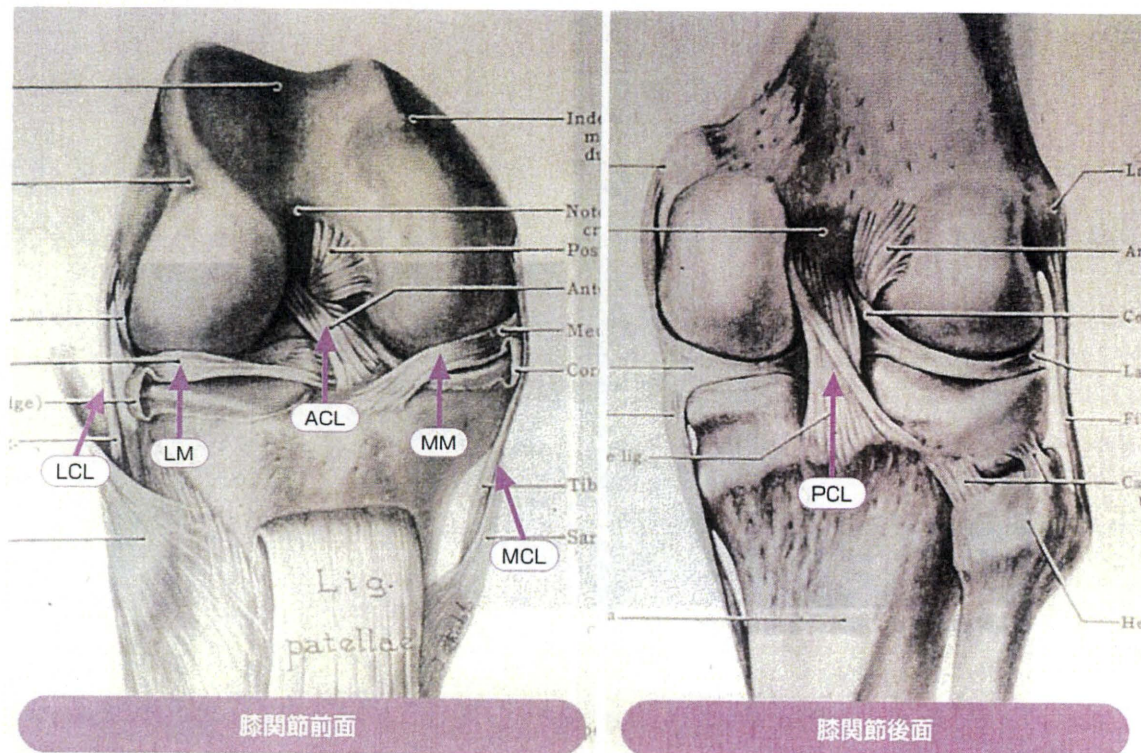
何らかの手術的治療を受けた経験がある場合など、明らかな膝関節の障害や手術の既往に続発するものを二次性変形性膝関節症と呼ぶ。明らかな先行疾患や外傷の既往がなく加齢とともに徐々に発生、進行するものを一次変形性膝関節症と呼ぶ。

変形性膝関節症に次いで頻度の高い変形性股関節症は、小児期の股関節脱臼や臼蓋形成不全などに続発する二次

性の変形性関節症が多いが、変形性膝関節症は、その多くが一次性である。明らかな先行疾患がなくても、女性、肥満、重労働、過度のスポーツ、下肢の内反などが、その発生や進行のリスクファクターとされている(写真6)。下肢の内反、すなわちO脚は変形性膝関節症そのものでも進行するため、これが原因であるか、結果であるかについての議論もある。しかし、若いときから内反膝があると、膝関



写真8 膝関節の解剖



MM：内側半月板、LM：外側半月板、MCL：内側側副靭帯、LCL：外側側副靭帯、ACL：前十字靭帯、PCL：後十字靭帯。

(Grants Anatomyより引用)

節内側部にいつも荷重が加わるため、外側部に比べて変形が生じたり進行したりしやすいと考えられている(写真7)。

### 膝関節の構造と変形性膝関節症

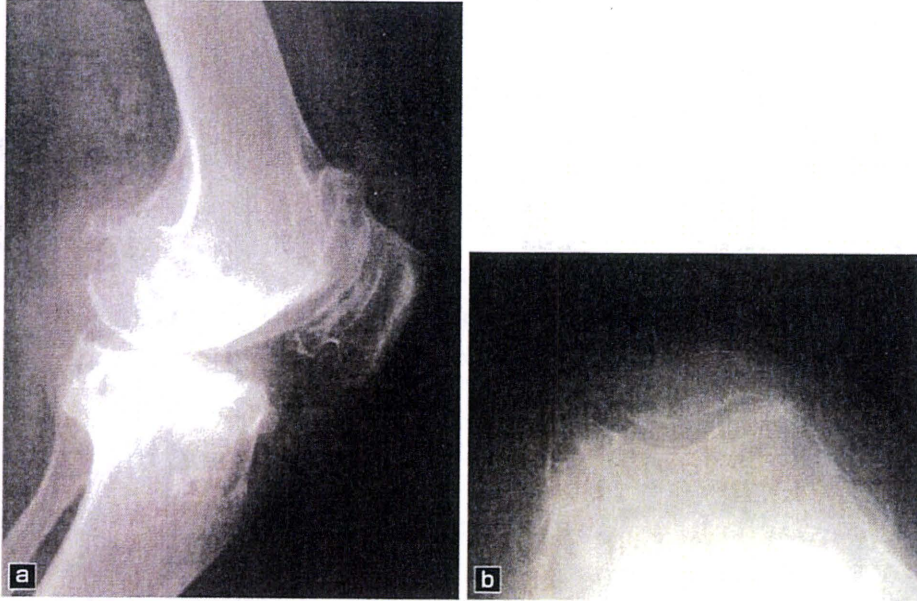
膝関節はその内側を滑膜で覆われた袋、すなわち関節包で周囲から隔離されており、この関節包によって覆われた範囲を関節腔と呼ぶ。この滑膜によって産生される関節液によって、関節軟骨に潤いを与え、滑らかな関節運動を可能にしている。膝関節は、この関節腔中に大腿骨と脛骨間の大腿脛骨関節(大腿骨(Femur)と脛骨(Tibia)間の関節であるためF/T関節と呼ばれる)と膝蓋骨と大腿骨間の膝蓋大腿関節(膝蓋骨(Patella)と大腿骨(Femur)間の関節であるためP/F関節と呼ばれる)が存在する。いずれも運動性が極めて大きく、また荷重関節としてのさまざまな方向への安定性も要求される。変形性膝関節症もF/T関節の変化が中心の症例とP/F関節の変化が中心の症例がある。もちろん、先に述べたようにF/T関節とP/F関節は同一関節腔内に存在し、その関節面も連続しているため、一方の関節に変形性関節症が生じると他方の関節にもある程度の変化が生じる。

F/T関節は、ほぼ平面の脛骨関節面の上を円柱状の大腿

骨関節面が転がるような構造である。完全伸展位(小児、女性などでは10~20°過伸展することもある)から深屈曲位(個体差があるが、通常155°程度まで屈曲可能である)まで、どの屈曲角度でも大腿骨より中枢の身体すべての重さを支える機能が要求される。大腿骨、脛骨とも関節の表面は約3mm程度の軟骨が存在し、これが関節の滑らかな運動に関与し、さらに先に述べた関節液がその表面に潤いを与えている。さらにF/T関節面間のクッションの役目をしているのが内側および外側半月板である(写真8)。したがって、半月板が損傷されると、クッションの役割が障害され、関節運動に伴って大腿骨や脛骨の関節軟骨面に直接大きな力が加わるため、F/T関節を中心とする変形性膝関節症が発生したり、進行したりしやすい。さらに大腿骨と脛骨間の安定性は主に4本の靭帯(前十字靭帯、後十字靭帯、内側側副靭帯、外側側副靭帯)によって保たれ、これらが歩く、走る、跳ぶ、着地するなどの際に膝崩れを起こさないように働いている(写真8)。したがって、これらの靭帯が損傷すると、F/T関節のさまざまな方向への関節不安定性が出現する。すなわち、日常生活やスポーツなどにより、膝に大きな荷重が加わった時に関節がずれるような力が加わり、これが関節軟骨面をすり減らす力とな



写真9 膝蓋大腿関節を中心とした変形性膝関節症のX線所見



a：側面像、b：膝蓋骨軸射像。

る。したがって、膝関節の靭帯損傷もF/T関節を中心とする変形性膝関節症の発生や進行に関わる大きな要因である。F/T関節の変形性関節症では、荷重歩行時に常に負荷が加わるため通常の歩行で疼痛を訴えることが多い。また、日本人のF/T関節の変形性関節症はほとんどが内反変形(O脚)を伴う内側型であり、疼痛も内側に訴えることが多い。

一方、P/F関節は膝関節を伸展する大腿四頭筋の強大な筋力を膝蓋骨を経由して脛骨に伝え、膝関節を動かす役目を担っている。凸面を持つ膝蓋骨が凹面を持つ大腿骨の前面を膝関節の屈伸に伴って上下に滑走する構造をとる。P/F関節は完全伸展位から屈曲 $20^{\circ}$ 付近までは接触せず、屈曲 $20^{\circ}$ を超えると大腿骨の凹面に膝蓋骨の凸面が接触し始める。軽度屈曲位におけるP/F関節は大腿骨の凹面が浅く、また膝関節伸展機構も比較的弛緩しているため、膝蓋骨は不安定で、周囲の軟部組織が安定性に重要な役割を演じている。屈曲が強くなると膝蓋骨の凸面が

大腿骨の凹面に深く入り込むため、関節の形態そのものが膝蓋骨の安定性に寄与する。したがって、膝蓋骨不安定症、反復性膝蓋骨脱臼、習慣性膝蓋骨脱臼、膝蓋骨骨折後の変形治療などではP/F関節に大きなせん断力が加わるため、P/F関節を中心とした変形性膝関節症に移行しやすい。P/F関節の変形性膝関節症では膝関節を屈曲した状態での荷重、すなわち階段昇降時や椅子からの立ち上がり動作で疼痛を訴えることが多い。この膝蓋大腿関節を中心とした変形性膝関節症では、通常の2方向の膝関節単純レントゲンの他、膝蓋骨軸射像といわれる膝蓋大腿関節を撮影する方法を含めたレントゲン撮影を行う(写真9)。

### おわりに

変形性膝関節症は平均寿命の伸びとともに、今後ますます増加する疾患であり、高齢者の生活をより質の高いものにするため、さらなる病態の解明や治療法の研究が望まれる。

- 文献
- 1) 松本秀男：E-1膝関節の解剖、E-5-3外傷-靭帯損傷。頸・肩・腰・股・膝の診療。(富士川恭輔編)、永井書店、pp. 253-259, 314-321, 1999.
  - 2) 松本秀男：変形性膝関節症。膝関節の疾患。今日の整形外科治療指針。第5版。(二ノ宮節夫他、編)、医学書院、

pp.786-788, 2004.

- 3) 松本秀男：日本医師会生涯教育講座 膝関節痛の診断と治療 2. 変形性膝関節症の診断と治療、東京都医師会雑誌 58(6) 18-25, 2005.

## XIII. リハビリテーション

赤 居 正 美

## XIII. リハビリテーション

赤居正美\*

[整形外科 59 巻 7 号 : 800~805, 2008]

● はじめに ●

—— 整形外科領域でのリハビリテーション

整形外科領域のリハビリテーションを考える場合、やはり「運動器リハビリテーション」が中心となり、その中でも「運動器不安定症」が注目される。日本整形外科学会、日本運動器リハビリテーション学会、日本臨床整形外科学会

各理事長名で 2006 年 4 月 12 日に提唱されたいまだ新しい概念であり<sup>1)</sup>、その内容に共通の合意があるとはいいがたい部分もある(表 1)。しかしその中核に立位・歩行障害、すなわち「転倒しやすさ」があるのは否定しえないだろう。

姿勢・歩行制御に問題を抱える患者、特に高

表 1. 運動器不安定症の定義と診断基準

**運動器不安定症の定義**

高齢化によりバランス能力および移動歩行能力の低下が生じ、閉じこもり、転倒リスクが高まった状態

**診 断**

下記の運動能力低下をきたす疾患の既往があるかまたは罹患している者で、日常生活自立度あるいは運動機能が以下に示す機能評価基準 1 または 2 に該当する者

運動機能低下をもたらす疾患

- ・ 脊椎圧迫骨折および各種脊柱変形(亀背、高度腰椎後弯、側弯など)
- ・ 下肢骨折(大腿骨頸部骨折など)
- ・ 骨粗鬆症
- ・ 変形性関節症(股関節、膝関節など)
- ・ 腰部脊柱管狭窄症
- ・ 脊髄障害(頸部脊髄症、脊髄損傷など)
- ・ 神経・筋疾患
- ・ 関節リウマチおよび各種関節炎
- ・ 下肢切断
- ・ 長期臥床後の運動器廃用
- ・ 高頻度転倒者

**機能評価基準**

1. 日常生活自立度: ランク J または A (要支援+要介護 1, 2)
2. 運動機能: 1) または 2)
  - 1) 開眼片脚起立時間: 15 秒未満
  - 2) 3 m time up and go test (3 m TUG): 11 秒以上

※日常生活自立度ランク J は、なんらかの障害などを有するが、日常生活はほぼ自立しており独力で外出するというもの。ランク A は準寝たきりで、屋内での生活はおおむね自立しているが、介助なしには外出しない状態をいう

Key words : rehabilitation, locomotive syndrome, fall prevention

\* M. Akai (院長): 国立身体障害者リハビリテーションセンター病院(研究所併任) [〒359-8555 所沢市並木 4-1; Rehabilitation Hospital, National Rehabilitation Center, Tokorozawa].



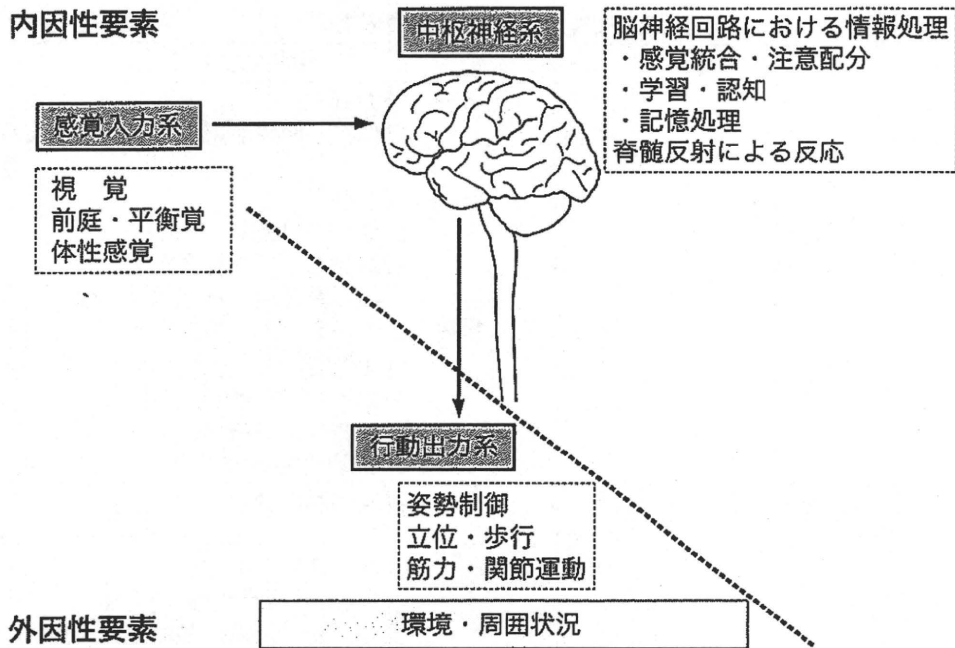


図 1. 機能を中心とした運動器不安定症のスクリーニング

齢者へのアプローチには、姿勢制御機構の理解が不可欠である。すなわち不安定性・転倒は空間での身体位置のずれを検知し、それを矯正するシステムの障害であり、筋骨格系ばかりではなく、中枢・末梢の神経系も深く関与している。

### ■ ■ ■ I. 転倒からみた運動器不安定症

いわゆる運動器不安定症を考える場合に、不安定性は加齢変化と不可分となる。Isaacsは老人にみられる障害として、「足が衰え、そこいらじゅうで転び、漏らして濡れていて、惚けてくる」、すなわち移動能力の低下、動揺性や転倒のリスク増大、失禁、知的低下と記述した<sup>2)</sup>。

立位姿勢をとり、バランスを保つ能力は一連の生理機序による<sup>3)</sup>。簡略にまとめるが、ほかの姿勢から立位をとるには、頭部や体幹を直立とする筋の協同運動が働く。これらの反応は前庭、固有知覚・触覚、視覚のうちどれか一つが正常ならば十分である。ひとたび直立位をとると、抗重力筋の働きで姿勢を保つ。直立位の安定は体幹の動揺、四肢体幹の運動、外乱によって脅かされるが、腱や靭帯の弾性、足関節、膝関節、股関節の安定化で動揺に対抗する。加えて視覚、前庭覚、体性感覚の相互作用、経験に

よる予知も筋の随意収縮に働く。

モーメントや質量の移動に対応し、「予測」でバランスは維持される。誰かを引っばるといった行為では、質量中心の変位を予測し抗重力筋の収縮をかえて随意的な動きを組み立て、意図的に動く。これが一線を越えると、「姿勢反応」が働いて姿勢を保つ。まず脊髄の単・複シナプス反射が出現し、伸張反射を生じてバランス維持に中心的な働きをなす。長潜時成分には脳幹や大脳も関与する。こうした一連の反応は複雑で、視覚や前庭覚、支持面の性状、経験や予測によって下肢や体幹の筋収縮をかえる。もしこれらがうまく働かないと、自動的ではあるが随意制御でもある四肢の踏み出しを行う「立ち直り反応」が生じる。転倒が避けられなくなると「防御反応」が起き、損傷を最小限にとどめる。したがって身体位置変位の検出と、その修正機構に生じた障害が不安定性・転倒の意味であろう。

まず、①空間における身体の位置情報が視覚、前庭覚、体性感覚の固有受容器からの入力として脳脊髄からなる中枢神経系に送られ、②情報処理され、修飾されたうえ、③伸張反射などの脊髄反射や筋肉への随意指令が送られて姿勢を回復・維持するのである(図1)。

表 2. 加齢による姿勢制御機構の変化

|                                   | 内 容                   | 加齢による変化               | 障害と疾病  |                       |
|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| 感覚系<br>(sensory function)         | 視覚                    | バランス反応の中核             | 視力低下<br>立体視, 明暗順応低下                                    | 老眼, 白内障,<br>緑内障, 黄斑変性 |
|                                   | 温痛覚・位置覚<br>振動覚<br>受容器 |                       | 軽度低下<br>閾値かなり上昇<br>加齢があっても目立たず<br>神経伝導速度・振幅徐々に低下       |                       |
|                                   | 前庭覚                   | 姿勢反応に重要               | 加齢があっても目立たず  | 難聴                    |
| 運動系<br>(motor function)           | 筋力<br>筋肉量             |                       | 35歳以降 20~40%減少<br>毎年1%前後減少<br>協調運動・巧緻性低下               | 歩行障害, バラ<br>ンス障害      |
|                                   | 反応速度                  |                       | 60歳以降急速に低下   |                       |
| 情報処理<br>(sensorimotor processing) | 感覚統合処理                | 過去の経験や知識で修飾<br>前頭葉や視床 | 神経細胞の減少<br>神経伝達物質の減少<br>ドパミン受容器などの変性<br>姿勢反射と随意運動の統合不良 | 記憶障害<br>知的低下など        |

## ■ ■ II. 加齢と姿勢制御

姿勢制御の本質はさまざまな環境変化に対応した調整能力であるが、年齢に伴い変化を生じる<sup>4)</sup> (表 2)。

1) 感覚機能：加齢による変化は、各感覚について報告はあるもののバランス障害の主要な因子とはみなされない。

2) 運動機能：筋肉量の減少、筋量の減少、協調運動や巧緻性低下も目立つ。

3) 情報処理：反応時間の大半は、感覚入力の分析と運動反応の選択によって占められる。感覚統合が行われるとともに、前頭葉や視床によるとされる過去の経験による修飾も行われる<sup>5)</sup>。

すなわち、これら感覚の相互作用、情報統合の重要性も注目され、姿勢制御において多重情報処理のために一定の注意配分を行う認知能力の役割も重要である<sup>6)</sup>。すなわち姿勢バランスの保持は単なる反射機能ばかりではなく、注意や認知など高次の脳機能が働く必要がある。こうした注意配分は加齢変化に特に敏感とされ<sup>7)</sup>、中枢での情報処理が筋力としての出力の加齢変化と並んで理解を図る必要がある。もちろん最終的な出力としての運動制御は重要であるにしても、筋力の向上のみでは姿勢は制御できず、神経系での加齢と代償能、情報処理と

いった能力が不可欠である。歩行能力やバランス能力の低下は、周辺環境への適応という感覚処理や認知能力の低下によってより深刻化して転倒につながるのである。

立位時と歩行時の姿勢制御を比べるとその重心制御の生理的戦略は異なり<sup>8)</sup>、立位では ankle strategy, hip strategy, stepping strategy といった戦略を使い分けている。しかし制御の中心をなす神経機構は相互に関連をしており<sup>9)</sup>、ここでは転倒予防として取り扱う。繰り返しの負荷によってバランスにかかわる成績が改善することから、システムの順応性は少なくとも短期的には期待できそうである。

## ■ ■ III. 不安定性リスクの見積もり

不安定性という「より高い」危険因子をもつ集団を検出する高リスクアプローチ (high risk approach) はそれなりに意味をもつものの、背景にある母集団でのリスクを下げる集団アプローチ (population approach) も重要である。「健康日本 21」において述べられた考え方<sup>10)</sup>からは、そうしたスクリーニングの必要性が導き出される (図 2)。運動器不安定症のスクリーニングで高リスク群をみつけ出し、強力な治療を行って骨折などの合併症は低下させられよう。しかし実際の人数は、現在リスクの高い人より境界域の人数のほうが圧倒的に多いので、

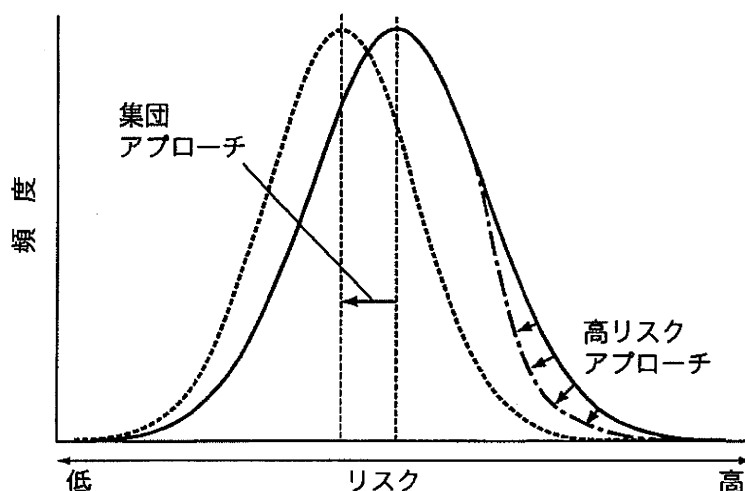


図 2. 不安定性リスクへのアプローチ

表 3. 運動器不安定症のスクリーニング

- ① 移動制限のチェック
- ② 歩行能力の把握
- ③ バランス能力の把握
- ④ 転倒リスクの評価

質問とテストの組み合わせ例

|                |   |                      |
|----------------|---|----------------------|
| 公共交通機関を使えるか    |   | timed up and go time |
| 外出の機会があるか      |   | 片脚起立                 |
| 階段の昇降ができるか     | + | 継ぎ足歩行                |
| 四肢・体幹に疼痛があるか   |   | 歩行能力など               |
| つまずきやすくなったか    |   |                      |
| 過去6カ月に2回以上転んだか |   |                      |

実現すれば防げる合併症数はずっと大きくなる。高リスクアプローチは手法も明確で対象も絞りやすいが、効果は限定的となる。一方、予防効果からすれば集団アプローチが望ましいが、全体への働きかけを必要とするので効果を明示しにくい。高リスクアプローチと集団アプローチの適切な組み合わせによる対策が必要とされる<sup>11)</sup>。① 地域または親戚とのつき合いがない、② 外出機会が少ない、③ 200～300 mしか歩けない、④ 外出できない、⑤ 階段昇降ができない、⑥ 1人で入浴・排泄動作ができないなどの移動障害から入る項目が最初のスクリーニングになろう (表 3)。

■ ■ IV. 介入の方法と効果の判定

バランス障害のリハビリテーションとしては、対応可能なマイナス面の除去が第一であ

る。

- 1) 全身再調整 (reconditioning) : 良好な食事, 十分な睡眠, 適切な飲水量, 規則的排便, 疼痛管理, 投薬の回避など。
  - 2) 筋力低下, 疼痛, 疲労, 不安, 尿意切迫などを生む症状への治療。
  - 3) 意識低下, 動作緩慢, めまいなどを生む薬剤の中止。
  - 4) 適切な服装や靴の使用。
  - 5) 危険な環境の整備。
  - 6) 患者・関係者の間での知識の共有。
- 介入方法の基本としては, 不可避な加齢変化の部分は別にしても, 正確な各種感覚入力の利用と十分な筋力, 反応速度の確立をめざし, 運動訓練を行うこととなる<sup>12-15)</sup>。Cochrane library では7系に分類している<sup>12)</sup> (表 4a)。
- また対応可能なプラス面での転倒予防を考え

表 4. 介入と効果判定

|  |   |
|--|---|
| a. 運動器不安定症への介入手段                         |   |
| 1.                                       | gait, balance, co-ordination and functional tasks |
| 2.                                       | strengthening                                     |
| 3.                                       | 3D exercise (気功, 太極拳, ダンス, ヨガを含む)                 |
| 4.                                       | general physical activity                         |
| 5.                                       | general physical activity (歩行が中心)                 |
| 6.                                       | general physical activity (自転車こぎ)                 |
| 7.                                       | multiple intervention type                        |
| 運動強度, 期間, 指導者の有無, コンプライアンスなどの<br>関与にも注意  |   |
| b. 運動器不安定症への評価手段                         |   |
| impairment レベル                           |   |
| 床反力計・重心動揺計での直接計測パラメータ<br>(足圧中心, 安定性限界など) |   |
| disability レベル                           |   |
| 機能的リーチ試験 (functional reach test)         |   |
| タイムドアップアンドゴー試験 (timed up and go test)    |   |
| 開眼片脚起立試験 (one legged standing time)      |   |
| Berg バランス試験 (Berg balance scale)         |   |
| ほかに歩行速度, 継ぎ足歩行, 斜面台など                    |   |

る際も、めざすところが転倒の予防なのか、さらに一歩すすんで転倒に伴う骨折などの予防なのかを区別する必要も出てくる<sup>14)</sup>。運動、栄養などによる骨塩量増加、骨代謝に関連する各種の薬物、ヒッププロテクターなどは転倒による骨折への対応である。

立位保持・歩行能力に問題を生じた患者の評価に関しても、複雑な姿勢制御システムの各機能を評価することになる。介入の対象者に対し、適切なアウトカム尺度が選択されなければならない。整形外科領域ではタイムドアップアンドゴー試験 (timed up and go test)<sup>16)</sup>や開眼片脚起立試験 (one legged standing time)<sup>17,18)</sup>が多用されている。これまでに不安定性の評価に用いられた評価尺度も数多いが、これも Cochrane library に準じて示す<sup>12)</sup> (表 4b)。

## ■ V. 今後の方向性

加齢に加え、疾病によるバランス障害もあって、伸張反射から随意的制御にいたる姿勢制御機構システムが適切に働くよう訓練・再教育を図るとするのは容易なことではないだろう。活動度と転倒のリスクも逆の関連があり、活動度向上・維持のために、なんらかの代償機器の役

割も考慮すべきである。

歩行時における四肢体幹の多数の表面筋活動を同時計測し、適宜重みづけを行うことにより、髄節ごとに脊髓前角細胞の興奮パターンを調べた研究がある<sup>19)</sup>。歩行周期における活動性を空間的・時間的にマッピングしてみると、歩行速度の変化に対応して骨盤部にとどまらず体幹上部にまで活動範囲が広がることがわかる。下肢筋力だけの問題ではないことは明らかである。

いくつもの機構を組み合わせ、いろいろな代償手段を用意した姿勢制御システムとすると、姿勢変位の検知能力向上も必要であるが、当面、すぐに実用化になるとは思えない。どうしても運動訓練を中心とした出力系への介入が基本になろう。

### ● おわりに ●

裏づけとなる神経生理学的な知見の蓄積はめざましく、長期的な成績改善の可能性は不明な点も残るが、少なくとも短期的にはバランス刺激による訓練効果が上がることが期待される。今後は介入方法や治療手段の臨床上的効果、有効性の証明についても多くの研究成果が積み上がっていくことが望まれよう。